

МИКРОСТРУКТУРА И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАНОСТРУКТУРНЫХ ЗАГОТОВОК ИЗ ТИТАНОВОГО СПЛАВА ВТ, ПОДВЕРГНУТЫХ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ШТАМПОВКЕ

Скрябин И. В.

Науч. руковод. – канд. техн. наук Семенова И. П.

Уфимский Государственный Авиационный Технический Университет

e-mail: Lucky1984@mail.ru

Одним из перспективных направлений повышения эксплуатационных свойств промышленных сплавов является создание в них нанокристаллических или ультрамелкозернистых (УМЗ) структур методами интенсивной пластической деформации (ИПД). Металлические материалы с размером структурных элементов от 1 мкм до 100 нм и менее представляют собой большой интерес благодаря их уникальным физико-механическим свойствам: высокой прочности и усталости, износостойкости, низкотемпературной и/или высокоскоростной сверхпластичности [1].

К настоящему времени результаты исследований сплава ВТ6 показали возможность повышения его прочностных и усталостных свойств почти в 1,5 раза при условии формирования объемной ультрамелкозернистой (УМЗ) структуры [2].

Лопатки компрессора из титановых сплавов получают путем объемной и изотермической штамповки, в том числе с использованием сверхпластической деформации, обычно в интервале температур от 850 до 950 °С. Применение наноструктурных заготовок при формообразовании лопаток создает возможность реализации изотермической штамповки в условиях низкотемпературной сверхпластичности, т.е. при температурах 600...650 °С [3]. Такой температурный диапазон позволит, во-первых, наряду с экономией энергоресурсов использовать более дешевые материалы для штамповой оснастки. Во-вторых, в данном температурном интервале деформации уменьшается толщина поверхностного альфированного слоя заготовки, что значительно снижает объем последующей механической обработки.

Целью данной работы было исследование влияния низкотемпературной штамповки заготовки из наноструктурного сплава ВТ6 на его структуру и механические свойства. В ходе эксперимента была проведена опытная штамповка лопатки компрессора низкого давления (КНД) из обычной заготовки с исходным размером зерна α -фазы 15 мкм при температуре 910°С и наноструктурной заготовки с исходным размером α – фазы 0.5 мкм при температуре 650°С, общая степень деформации составляла около 70%. Полученные штамповки подвергались отжигу при температуре 550°С в течение 2 часов с целью уменьшения внутренних напряжений и улучшения обрабатываемости. Были проведены исследования микроструктуры полученных штамповок методом оптической и просвечивающей электронной микроскопии. Механические испытания проводились на образцах, вырезанных вдоль пера лопатки.

а

б

Рис 1. Микроструктура: а – серийной опытной лопатки, полученной изотермической штамповкой при $T=910^{\circ}\text{C}$; б - исходной наноструктурной заготовки, полученной изотермической штамповкой при $T=650^{\circ}\text{C}$

В результате проведенных исследований было установлено, что заготовка лопатки, полученная изотермической штамповкой по стандартной технологии, имела неоднородную бимодальную микроструктуру, которая состояла из глобулей α – фазы размером примерно 15 мкм в β – превращенной матрице, имеющей пластинчатое строение.

Из рис 1. видно, что изотермическая штамповка наноструктурной заготовки при температуре 650°C привела к формированию однородной УМЗ структуры со средним размером зерна α – фазы 1 мкм.

Рис 2. Диаграмма растяжения образцов вырезанных в направлении пера лопаток, полученных изотермической штамповкой по различным режимам: 1 – серийная опытная лопатка, полученная изотермической штамповкой при $T_{\text{ш}}=910^{\circ}\text{C}$; 2 – исходная наноструктурная заготовка, полученная изотермической штамповкой при $T_{\text{ш}}=650^{\circ}\text{C}$.

Прочность штамповки лопатки с УМЗ структурой достигала 1550 МПа, что на 350 МПа выше, чем прочность стандартной лопатки, при этом пластичность обеих заготовок была на одном уровне (относительное удлинение составляло около 7-8%).

Исследования термостабильности УМЗ заготовок лопатки показали возможность сохранения структуры и достигнутых механических свойств в опытной лопатке в условиях длительных нагревов при температуре до 300°C .

Библиографические ссылки:

- [1] Р.З. Валиев, И.В. Александров. Наноструктурные материалы, полученные интенсивной пластической деформацией. – М.: Логос, 2000. – 272 с.
- [2] Саитова Л.Р., Семенова И.П., Рааб Г.И., Валиев Р.З. Повышение механических свойств сплава Ti-6Al-4V, используя равноканальное угловое прессование и последующую пластическую деформацию. Физика и техника высоких давлений, Донецк, 2004, том 14, №4.- с. 19-24.
- [3] Семенова И.П., Саитова Л.Р., Рааб Г.И., Валиев Р.З. Сверхпластическое поведение ультрамелкозернистого сплава Ti-6Al-4V ELI, полученного интенсивной пластической деформацией / Физика и техника высоких давлений, Донецк, 2006, том 16, №4.- с. 84-89.